Проблемы и перспективы аэрогравиметрических исследований акваторий Украины

III международная научно-практическая конференция “Подводные технологии - 2017”

***Дубовенко Ю.И.*, к.-ф.м.н., Институт геофизики НАН Украины;** nemishayeve@ukr.net
***Кузьминец Н.П.*, д.т.н., Национальный Транспортный Университет;** kuzminecmp@ukr.net
***Пристайло* Н.А., к.т.н., Киев. Нац. университет строительства и архитектуры;** pristaylo_na@ukr.net
***Слизкая М.А., студ.*, Национальный Транспортный Университет;**

Постановка проблемы. Геофизические исследования Азовской и Причерноморской низменностей в последнее время нацелены на сокращение затрат на разведку углеводородного и минерального сырья с привлечением новых методов, алгоритмов и аппаратуры для измерений и обработки геофизических данных. Ввиду наибольшей дешевизны и мобильности наибольшее распространение получил комплекс исследования потенциальных полей, среди которых отличается проработанностью методики и новыми предложениями в методическом плане изучение силы тяжести, полученное в результате измерений с помощью летательных аппаратов разной конфигурации. Но для получения высокоточных результатов обработки гравиметрических наблюдений необходим учет ряда факторов, анализу и результатам рассмотрения которых и посвящён данный анализ...

Современные гравиметры (Burris Gravity Meter[tm]). Современные гравиметры обеспечены включают сенсор, электронику, компьютер, батарею (12-14 часов); микропроцессор с автоматическим считыванием и записи показаний прибора и контролем ошибок; Система выравнивания гравиметра; Металлическая измерительная пружина (смещение – 1 мгл/месяц); погрешность стандартного гравиметра составляет около 0.05 мГл, высокоточного – до 0.0002 мГл, а вес. – до 8 кг.

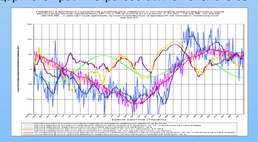

Рис. 1. Гравиметры Burris Gravity Meter и Scintrex CG-5 AutoGrav и пример цифровой записи, регитрируемой приборами.

Качественная интерпретация обеспечивает приемлемую точность предварительного анализа гравиметрических съёмок и позволяет объяснить изменение формы гравитационных аномалий от профиля к профилю. В частности, если площадь аномалии (между кривой наблюденного поля и осью абсцисс) не изменяется, равно как и расстояния между точками половины максимума амплитуды Uz (1/2), то аномальный источник не изменяется по массе и глубине заложения, а происходит изменение угла падения пласта (рис. 2); если же площади аномалий примерно равны, то происходит изменение глубины залегания аномального источника (рис. 3); Если площади аномалий примерно равны, их морфология не изменяется, а линеаментный анализ указывает на смещение аномальной зоны, можно предполагать наличие разрывного нарушения вкрест простирания аномалии (рис. 4); если площади аномалий примерно равны, их морфология не изменяется, а линеаментный анализ отрисовывает дугообразную структуру можно говорить об изменении направления простирания аномального источника (рис. 5)

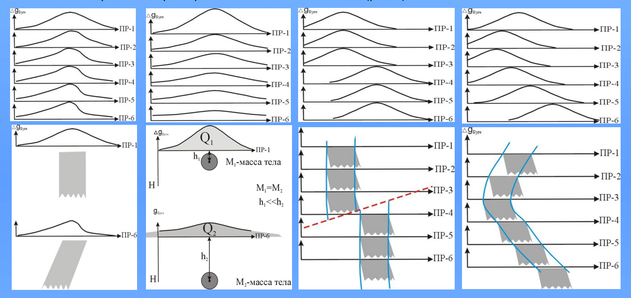

Рис. 2. Угол падения... *Рис. 3. Глубина залегания...* *Рис. 4. Разрывное нарушение...* *Рис. 5. Изменение простирания...*

Количественная интерпретация данных гравиметрии базируется на различных способах аналитического продолжения значений измеренных полей в нижнее полупространство и аппроксимационный способ расчёта конфигурации псевдоплотностного разреза, разработанный П.И. Балком, А.С. Долгалем и др. (рис. 6).

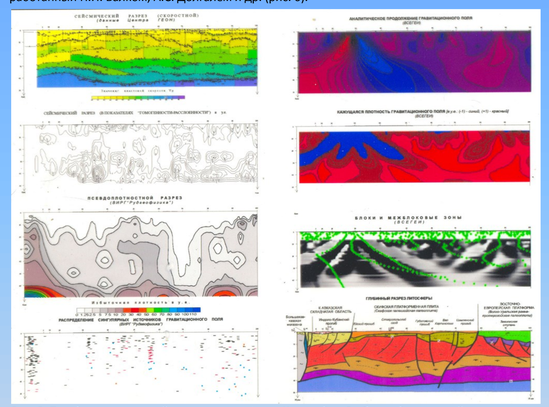

Рис. 6. Псевдоплотностной разрез по профилю Краснодар-Эмба, по данным сейсмогравитационного моделир-я

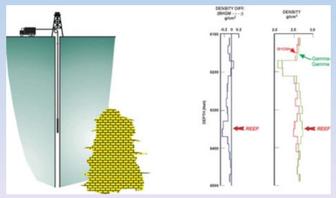

Рис. 7. Принципиальная схема осуществления гравитационного каротажа.

Альтернативный способ получения исходных данных силы тяжести – **гравитационный каротаж** – определение ускорения силы тяжести вдоль вертикального профиля – в скважине или вертикальных горных выработках (рис. 7). Теоретические основы метода, первые в мире скважинные гравиметры и измерения силы тяжести в скважине выполнены под рук. П.И. Лукавченко (ВНИИГеофизика) в 1970-е гг., в т.ч., в Кольской сверхглубокой скважине, и в нефтегазовых скважинах – под рук. Н.Х. Газеева (ЗапСибВНИИ–Геофизика), в начале 1980-х гг. на месторождениях Западной Сибири. Они позволили получить оценки возможностей и ограничений гравитационного каротажа, и технологии исследований и методики интерпретации получаемых данных.

Результаты гравитационного каротажа позволяют: •определить среднее значение плотности блока пород, заключенного между соседними точками наблюдений в скважине, в радиусе гораздо большем мощности самого блока; •проводить литолого-стратиграфическое расчленение разреза; •строить геолого-геофизические разрезы и следить за ” характером поведения” опорных горизонтов; •выделять в разрезах участки, перспективные на нефть и газ (как правило это пористые коллекторы, обладающие пониженной плотностью), пропущенные другими методами; •проводить мониторинг режима эксплуатации месторождений нефти и газа и газохранилищ (контроль за поведением водонефтяного, газонефтяного и газоводяного контактов; оценка количества извлечённых запасов); •в комплексе с акустическим каротажем АК определять упругие свойства горных пород (волновые сопротивления, коэффициент отражения для продольных и поперечных волн, модуль Юнга и модуль сдвига, коэффициент Пуассона); •повысить геолого-экономическую эффективность разведки за счет сокращения числа структурных и поисково-разведочных скважин; •определять плотность промежуточного слоя, для повышения надежности интерпретации материалов наземной гравиметрической съемки; •уменьшить неоднозначность решения обратной задачи гравиразведки при совместной интерпретации скважинных и наземных гравиметрических данных в рамках уникальной системы VECTOR.

Область применения гравитационного каротажа:
1. Обнаружение «обойденной» пористости в нефтегазоносных структурах (пропущенные интервалы повышенной пористости).
2. Обнаружение разбуренных, но не извлеченных промышленных запасов газа или нефти.
3. Измерение пористости карбонатных пород.
4. Картирование пологих надвигов.
5. Картирование соляных куполов.
6. Оценка пластового давления.
7. Мониторинг флюидонасыщенности.
8. Измерение плотности породы пласта в размытых породах.
9. Обнаружение наличия конуса обводнения.
10. Комплексирование скважинных и наземных гравиметрических наблюдений.

В итоге, исходя их охвата и широты апробации каротажа, этот метод вполне можно рекомендовать в качестве вспомогательного метода исследования морских акваторий на юге Украины.

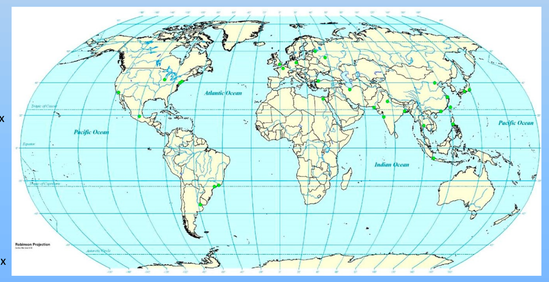

Рис. 8. География современных наблюдений методом гравитационного каротажа.

Современные аэрогеофизические методы включают магнитометрию, гравиметрию, электроразведку, гамма-спектрометрию, тепловую ИК-съемку, а иногда и газовые и аэрозольные наблюдения. За последнее десятилетие для аппаратных средств большинства из названных методов проведены существенные усовершенствования технико-метрологических характеристик. Благодаря этому некоторые из аэрометодов получили новые измерительные возможности (рис. 9), а некоторые стали впервые применяться в аэрогеофизике (рис. 10). Изучению возможностей гравиметрии в аэро– варианте и посвящена вторая часть доклада...

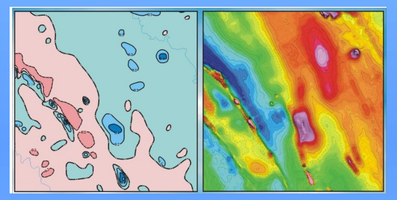

Рис. 9. Аномальное магнитное поле одного из участков Северного Тимана по материалам аэросъемки 1978 г. (слева) и 2000 г. (справа) – показывает возросшую степень точности измерений

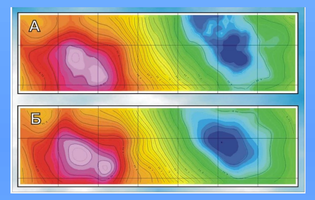

Рис. 10. Карты аномалий силы тяжести (условный уровень) по аэрогравиметрическим данным и по данным наземной гравиметрической съёмки масштаба 1:50 000.

Рис. 10. Аппаратурно-программный комплекс Гравитон-М для аэрогравиметрии.

Рис. 11. Гиростабилизированная платформа системы Гравитон-М

Рис. 12. Макетный образец платформы с аэрогравиметром Гравитон-М

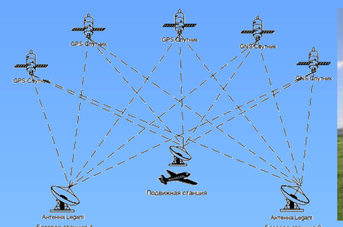

Рис. 13. Схема взаимодействия устройств GPS для привязки к рельефу по данным спутниковой навигации

Рис. 14. Установка антенны базовой станции – ради дифференциального режима приёма сигнала

Повышение точности наблюдений. Для повышения точности наблюдений неаппаратурными методами предложено осуществлять систему измерений на встречных курса полета, заимствованную из методики съемки в горных условиях. В частности, подобная съемка в условиях Северного Казахстана (участок Маканчи) себя оправдала (рис. 22.).

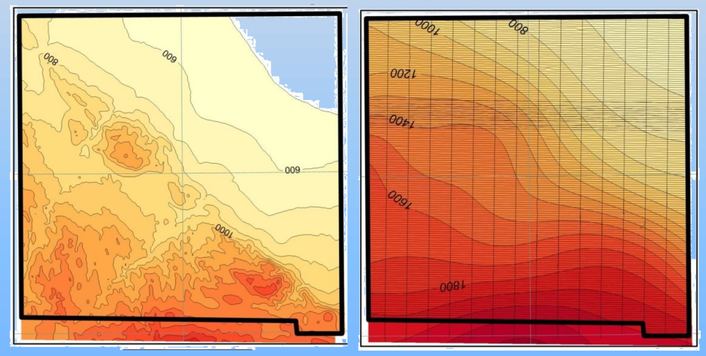

Рис. 22. Карты рельефа местности и альтитуд поверхности аэрогравиметрических наблюдений на участке Маканчи Северный

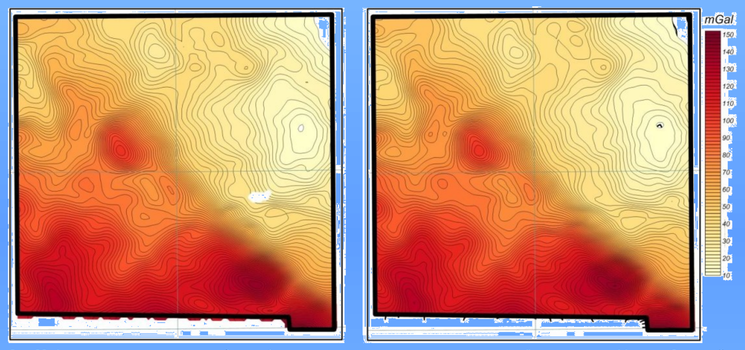

Рис. 23. Аномалии силы тяжести в редукции Фая при противоположных направлениях полёта на участке Маканчи Северный

Аномалии силы тяжести в редукции Буге отражают распределение плотностных неоднородностей Земли и являются основным отчетным материалом гравиметрических работ. Цифровые модели аномалий Буге полученные по данным аэрогравиметрии вычислены с учетом притяжения топографических масс - пород, залегающих между уровнем моря и физической поверхностью Земли. Для вычисления топографической поправки аномалий Буге использовались средства программного комплекса Oasis Montaj, включая модуль GMSYS 3D Modeling. Для приведения сопоставляемых карт к близким условиям, аномалии Буге наземной гравиметрии следует пересчитывать на высоту проведения аэрогравиметрических измерений и подвергать низкочастотной фильтрации в окне 5 км – все в той же программе Oasis Montaj.

Результат съёмки. После маршрутной обработки измерений, полученных от гравиметра, GPS (подвижного объекта и базовых станций) и навигационной системы появляется карта гравитационных аномалий в редукции Фая. При обработке летного материала используются специальные программы
- Программа обработки навигационных данных Pinnacle
- Обработка аэрогравиметрических данных до аномалий Фая - программа AGRA
- Вычисление и определение аномалий Буге - программа RELMASS
- Пакет программ окончательной обработки данных и построения сетей Oasis montaj (GEOSOFT)

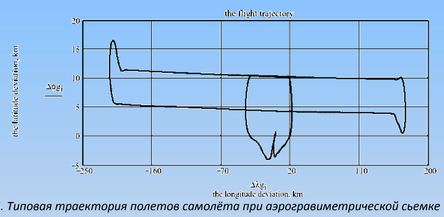

Рис. 15. Типовая траектория полетов самолёта при аэрогравиметрической съемке

Рис. 16. Изменение угла крена самолёта при разворотах на новый курс..

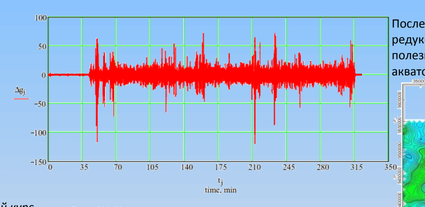

Рис. 19. Ускорение, измеренное гравиметром в полете.

После введения поправки на рельеф местности, получают карту аномалий в редукции Буге. Эта карта используется для получения прогноза на наличие полезных ископаемых (нефти, газа), в том числе над территориями морских акваторий.

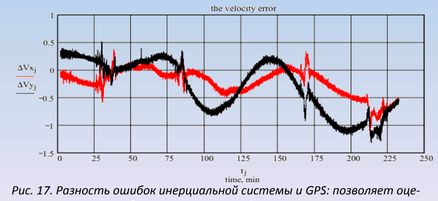

Рис. 17. Разность ошибок инерциальной системы и GPS: позволяет оценить точность стабилизации гироплатформы с аэрогравиметром.

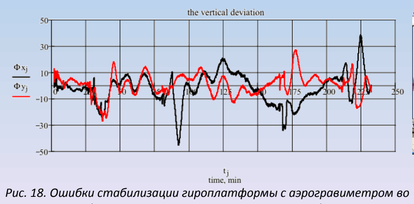

Рис. 18. Ошибки стабилизации гироплатформы с аэрогравиметром во время полета (отклонения от горизонта по осям x и y).

Рис. 20. График измерения высоты на наземной базовой навигационной станции GPS; скачок высот – смена спутников.

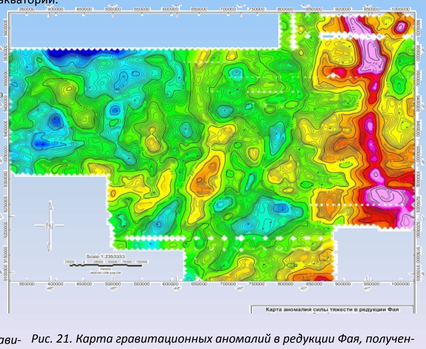

Рис. 21. Карта гравитационных аномалий в редукции Фая, полученная поданным наблюдений аэрогравиметрии.